

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-284248

(43)Date of publication of application : 15.10.1999

(51)Int.Cl.

H01L 43/08

G11B 5/39

H01F 10/30

(21)Application number : 10-087190

(71)Applicant : VICTOR CO OF JAPAN LTD

(22)Date of filing : 31.03.1998

(72)Inventor : NOMURA AKIHIKO  
ITO JUNICHI

## (54) MAGNETORESISTANCE EFFECT ELEMENT

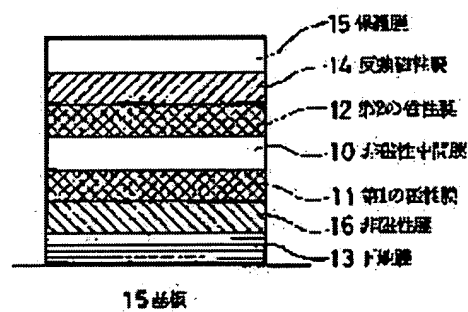
### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain stable and high reproducing characteristic, by laminating a nonmagnetic film between a substratum film and a first magnetic film.

SOLUTION: For example, in a spin bubble film, in order to control crystallinity of a first magnetic film (free layer) 11, a second magnetic film (fixing layer) 12, and an antiferromagnetic film 14, a nonmagnetic film 16 is laminated between a substratum film 13 and the first magnetic film (free layer) 11. An oxide film, a nitride film, etc., are used as the nonmagnetic film 16. In this

magnetoresistance effect element, the magnetization direction of the second magnetic layer (fixing layer) can be tightly fixed by a large exchange coupling magnetic field, so that stable reproducing characteristic can be

obtained. Since the magnetoresistance effect element is excellent also in thermal resistance, decrease of as exchange coupling magnetic field which is to be caused by temperature rise at the time of practical use and a thermal treatment process is little, and high reproducing characteristic can be obtained. Especially in the case that the first magnetic film (free layer) is made a laminated structure of a ferromagnetic film and a nonmagnetic film, more excellent reproducing characteristic can be obtained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the magneto-resistive effect component used for the magnetic head of magnetic tape units, such as magnetic disk drives, such as HDD, or DCC, etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, in magnetic disk drives, such as HDD, record / playback discrete-type thin film magnetic head is being adopted instead of an old inductive head. In this magnetic head, an inductive head is used for the Records Department and the magneto-resistive effect mold head (the following, MR head) is used for the playback section. Rather than the inductive head around which the conventional coil was wound, since reproducing characteristics are high sensitivity and high power, it is thought that this MR head is advantageous to the miniaturization of equipment and densification.

[0003] Moreover, recently, research on the MR head from which the higher MR effectiveness is acquired is also done briskly, and the spin bulb mold magneto-resistive effect mold head using the cascade screen called especially the spin bulb film attracts attention.

[0004] Drawing 4 is the outline sectional view showing the configuration of the conventional common spin bulb film. A part for the core of the spin bulb film is constituted by the 1st magnetic film 21 and 2nd magnetic film 22 which are the nonmagnetic interlayer 20 which is a thin film of non-magnetic metal, and two magnetic thin films separated by this interlayer 20. Among these, there are the substrate film 23 and a substrate 25 in the 1st magnetic film 21 side, and the antiferromagnetism film 24 and a protective coat 25 are formed in the 2nd magnetic film 22 side. In addition, drawing 4 shows the cross section when seeing from the direction where an external magnetic field is added.

[0005] The direction of the easy axis of said two magnetic films 21 and 22 (the henceforth, magnetization direction) is set up so that change which is different to an external magnetic field, respectively may be carried out. That is, the 2nd magnetic film 22 (fixed bed) is set up so that the magnetization direction may always be held to the signal field from a record medium, so that the magnetization direction may rotate the 1st magnetic film 21 (free layer) by the signal field from a record medium. For example, there is the approach of fixing using the switched connection field when carrying out the laminating of the antiferromagnetism film or the approach of fixing using the big magnetic film of coercive force in the fixed bed at a free layer, using the small magnetic film of holding power, i.e., a magnetic film with sufficient soft magnetic characteristics, as an approach of making such a magnetization direction.

[0006] If such a condition is realized, only the magnetization direction of a free layer will rotate to the signal field from a record medium, relative include-angle change will take place between the magnetization directions of the fixed bed, and the electric resistance as the whole film will change as a function of the cosine of the include angle of the magnetization direction of both layers. That is, when the sense of each magnetization of a free layer and the fixed bed turns to the same direction (0 times), electric resistance becomes min, and it becomes max when it turns [ reverse ] to objection (180 degrees). By the signal field from a record medium, a regenerative signal is acquired because this change arises.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In order to stabilize the above-mentioned actuation and to make it happen, it is called for that the magnetization direction of the fixed bed is being fixed firmly, i.e., the switched connection field between the fixed bed and the antiferromagnetism film is large as much as possible. If it is generally known that a switched connection field will decrease by the temperature rise by the sense current at the time of a real activity etc. and they are taken into consideration, as for the switched connection field in a room temperature, the value of at least 200 - 250Oe extent is needed. Furthermore, since there is an about 250-degree C heat treatment process in a head manufacture process, if thermal resistance is bad, reproducing characteristics will deteriorate by reduction of a switched connection field. However, by the conventional spin bulb film, it was difficult to obtain the switched connection field of the above strength, and thermal resistance, and stable reproducing characteristics were not able to be acquired.

[0008] In order to fulfill these properties, especially when various examination is performed from before about the ingredient of the 1st and 2nd magnetic film or the antiferromagnetism film, crystallinity, the forming-membranes method, etc., among these an ingredient is limited to some extent, crystallinity causes rule. Although the usually good thing of this crystallinity was desirable in many cases, if restricted to the switched connection field, it had become a technical problem how crystallinity may be unable to say that a good thing is desirable and not necessarily controls crystallinity.

[0009] The object of this invention is to offer the magneto-resistive effect component which can acquire stability and high reproducing characteristics.

[0010]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, invention of claim 1 is characterized by carrying out the laminating of the nonmagnetic membrane between said substrate film and 1st magnetic film on a substrate in the magneto-resistive effect component which the substrate film, the 1st magnetic film, a nonmagnetic membrane, the 2nd magnetic film, and the antiferromagnetism film equipped with the cascade screen formed in order.

[0011] Invention of claim 2 is characterized by carrying out the laminating of an oxide film or the nitride between said substrate film and 1st magnetic film on a substrate in the magneto-resistive effect component which the substrate film, the 1st magnetic film, a nonmagnetic membrane, the 2nd magnetic film, and the antiferromagnetism film equipped with the cascade screen formed in order.

[0012] As for the thickness of the above-mentioned nonmagnetic membrane, an oxide film, and a nitride, it is desirable for it to be preferably chosen in 0.5-1.5nm, and to choose in 1.0nm or less more preferably.

[0013] Invention of claim 3 is characterized by said 1st magnetic film consisting of a laminated structure of a ferromagnetic and a nonmagnetic membrane in claim 1 or 2.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, 1 operation gestalt at the time of applying the magneto-resistive effect component concerning this invention to a spin bulb mold MR head is explained. In addition, when it constitutes the spin bulb film of this operation gestalt as a spin bulb mold MR head, the electrode of the couple for passing a current on this spin bulb film etc. is arranged.

[0015] Drawing 1 is the outline sectional view showing the configuration of the spin bulb film used for the spin bulb mold MR head of this operation gestalt. In this spin bulb film, the film is formed on the substrate 15 in order of the 14/protective coat 15 of the 12/(fixed bed) antiferromagnetism film of 2nd magnetic film of 10/of the 11/(free layer) nonmagnetic interlayers of 1st magnetic film of 16/of 13/nonmagnetic membranes of substrate film. By this spin bulb film, the laminating of the nonmagnetic membrane 16 is carried out between the substrate film 13 and the 1st magnetic film 11 in order to control the crystallinity of said 1st magnetic film 11, the 2nd magnetic film 12, and the antiferromagnetism film 14.

[0016] As the above-mentioned nonmagnetic membrane 16, an oxide film, a nitride, or the same amorphous system ingredient can be used. Although the example mentioned later shows the example which all used the oxide film as a nonmagnetic membrane 16, the same result can be obtained even

when a nitride is used. Moreover, in the following examples, although each has set the thickness of a nonmagnetic membrane 16 as 1nm, if it is the range of 0.5-1.5nm, sufficient magnetic properties and the crystal structure can be acquired practical.

[0017] Here, as an example and an example of a comparison, the spin bulb film was produced and forming the cascade screen of the following configurations on a glass substrate estimated the magnetic properties and crystal structure. The field of about 100 Oe(s) is impressed to membrane formation during membrane formation at substrate side inboard using a spatter. However, CoFe used and IrMn used the Ir<sub>22</sub>Mn<sub>78</sub>at% target Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>at%.

[0018] First, the example at the time of using SiO<sub>2</sub> (1nm) as a nonmagnetic membrane 16 is explained.

[0019] As [example 1] substrate film 13, as Ta (5nm) and a nonmagnetic membrane 16 SiO<sub>2</sub> (1nm), As the 1st magnetic film (free layer) 11, as CoFe (6nm) and a nonmagnetic interlayer 10 Cu (2.5nm), IrMn (8nm) and the spin bulb film which consists of a cascade screen of Ta (5nm) as a protective coat 15 were produced as CoFe (3nm) and antiferromagnetism film 14 as the 2nd magnetic film (fixed bed) 12 (the inside of a parenthesis shows thickness it is the same as that of the following).

[0020] As [example 2] substrate film 13, as Ta (5nm) and a nonmagnetic membrane 16 SiO<sub>2</sub> (1nm), As the 1st magnetic film 11, as Cu(0.8nm)/CoFe(1.5nm) x3 and a nonmagnetic interlayer 10 Cu (2.5nm), IrMn (8nm) and the spin bulb film which consists of a cascade screen of Ta (5nm) as a protective coat 15 were produced as CoFe (3nm) and antiferromagnetism film 14 as the 2nd magnetic film 12. In this example 2, the 1st magnetic film 11 has a laminated structure which carried out the laminating of the cascade screen of a nonmagnetic membrane Cu and Ferromagnetic CoFe to three more layers.

[0021] IrMn (8nm) and the spin bulb film which consists of a cascade screen of Ta (5nm) as a protective coat 15 were produced as CoFe (3nm) and antiferromagnetism film 14 as Cu (2.5nm) and the 2nd magnetic film 12 as CoFe (6nm) and a nonmagnetic interlayer 10 as Ta (5nm) and the 1st magnetic film 11 as [example 1 of comparison] substrate film 13. The nonmagnetic membrane 16 is omitted in this example 1 of a comparison.

[0022] IrMn (8nm) and the spin bulb film which consists of a cascade screen of Ta (5nm) as a protective coat 15 were produced as CoFe (3nm) and antiferromagnetism film 14 as Cu (2.5nm) and the 2nd magnetic film 12 as CoFe (6nm) and a nonmagnetic interlayer 10 as the 1st magnetic film 11 of [the example 2 of a comparison]. In this example 2 of a comparison, the substrate film 13 and a nonmagnetic membrane 16 are omitted.

[0023] Thus, about the spin bulb film which consists of an obtained cascade screen, a switched connection field, resistance rate of change, and thermal resistance were investigated, respectively. A result is shown in a table 1.

[0024]

[A table 1]

	交換結合磁界	抵抗変化率	耐熱性
実施例 1	2 9 0 0 e	6. 7 %	◎
比較例 1	1 4 0 0 e	7. 5 %	◎
比較例 2	2 8 0 0 e	8. 4 %	×

In a table 1, O shows "good" and, as for O, x "which can be equal to a real activity" shows "it is bad", respectively. Although the example 1 of a comparison shows the big value with resistance rate of change, it is small, less than the indispensable value, and is not suitable for practical use. [ of a switched connection field ] Moreover, although a switched connection field and resistance rate of change show the good value, since thermal resistance is bad, a switched connection field cannot decrease according to the temperature rise or heat treatment process at the time of a real activity, and the example 2 of a comparison cannot maintain reproducing characteristics required at the time of head manufacture. The film of this example of a comparison shows the property of the conventional common film. On the other hand, both a switched connection field and resistance rate of change show sufficient value, and the example 1 of thermal resistance is improving. In a table 1, the result of the example 2 which showed the

property still more desirable than an example 1 is omitted. Since the coercive force of a free layer becomes small when the 1st magnetic film 11 (free layer) is made into the laminated structure of a nonmagnetic membrane and a ferromagnetic like an example 2, in order to raise soft magnetic characteristics, a good result can be obtained compared with the case (soft magnetic characteristics are not good) where the 1st magnetic film 11 is made into single structure like an example 1.

[0025] In order to evaluate the crystal structure of each spin bulb film shown in the above-mentioned example 1 and the examples 1 and 2 of a comparison, X-ray diffraction was performed. Drawing 2 is a graph which shows the X-ray diffraction curve of the film shown in a table 1. An axis of ordinate shows X-ray intensity (C/S) among drawing, and the axis of abscissa shows whenever [ incident angle / of an X-ray ] (2theta), respectively. Since a lifting and reinforcement are strengthened and the X-ray which carried out incidence is outputted in interference inside when membranous crystallinity is good (i.e., when the layer of a regular crystal is made), X-ray intensity strong on a graph is shown. By the film of the example 1 of a comparison, it turns out that in about 40 to 44 degrees shows X-ray intensity strong twice, and crystallinity is not changing. On the other hand, by the film of an example 1 and an example 2, it turns out that there is no peak which projected on the graph and the crystallinity inside the film is changing. That is, by taking an example 1 or membrane structure like 2, the crystallinity of the 1st magnetic film 11, 2nd magnetic film 12, and antiferromagnetism film 14 interior changes, and it is thought that the property as shown in a table 1 appeared by this.

[0026] Next, the example at the time of using the oxide film by neglect among atmospheric air as a nonmagnetic membrane 16 is explained.

[0027] Here, it is aluminum  $2O_3$  on a glass substrate as an example and an example of a comparison. After forming membranes, the spin bulb film was produced and forming the cascade screen of the following configurations estimated the magnetic properties and crystal structure. The field of about 100 Oe(s) is impressed to membrane formation during membrane formation at substrate side inboard using a spatter. CoFe used and IrMn used the Ir<sub>22</sub>Mn<sub>78</sub>at% target Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>at%.

[0028] After forming the substrate film 13 as Ta (5nm) and a nonmagnetic membrane 16 as [example 3] substrate film 13, the oxide film was formed by taking out a sample in atmospheric air and leaving it for 10 minutes. Then, IrMn (8nm) and the spin bulb film which consists of a cascade screen of Ta (5nm) as a protective coat 15 were produced as CoFe (3nm) and antiferromagnetism film 14 as Cu (2.5nm) and the 2nd magnetic film 12 as CoFe (6nm) and a nonmagnetic interlayer 10 as the 1st magnetic film 11.

[0029] After forming the substrate film 13 as Ta (5nm) and a nonmagnetic membrane 16 as [example 4] substrate film 13, the oxide film was formed by taking out a sample in atmospheric air and leaving it for 24 hours. Then, IrMn (8nm) and the spin bulb film which consists of a cascade screen of Ta (5nm) as a protective coat 15 were produced as CoFe (3nm) and antiferromagnetism film 14 as Cu (2.5nm) and the 2nd magnetic film 12 as CoFe (6nm) and a nonmagnetic interlayer 10 as the 1st magnetic film 11.

[0030] After forming the substrate film 13 as Ta (5nm) and a nonmagnetic membrane 16 as [example 5] substrate film 13, the oxide film was formed by taking out a sample in atmospheric air and leaving it for 24 hours. Then, IrMn (8nm) and the spin bulb film which consists of a cascade screen of Ta (5nm) as a protective coat 15 were produced as CoFe (3nm) and antiferromagnetism film 14 as Cu (2.5nm) and the 2nd magnetic film 12 as Cu(0.8nm)/CoFe(1.5nm) x3 and a nonmagnetic interlayer 10 as the 1st magnetic film 11. In this example 5, the 1st magnetic film 11 has a laminated structure which carried out the laminating of the cascade screen of a nonmagnetic membrane Cu and Ferromagnetic CoFe to three more layers.

[0031] The thickness of the nonmagnetic membrane 16 in the above-mentioned examples 3-5 is settled in the range of about 0.5-1.5nm. In addition, you may make it form an oxide film or a nitride also in which example by leaving it in the oxygen plasma, the nitrogen plasma, or both mixed plasma instead of leaving it in atmospheric air and forming an oxide film, after forming the substrate film 13.

[0032] As [example 3 of comparison] substrate film 13, as Cu(0.8nm)/CoFe(1.5nm) x3 and a nonmagnetic interlayer 10 as Ta (5nm) and the 1st magnetic film 11 Cu (2.5nm), IrMn (8nm) and the spin bulb film which consists of a cascade screen of Ta (5nm) as a protective coat 15 were produced as CoFe (3nm) and antiferromagnetism film 14 as the 2nd magnetic film 12. The nonmagnetic membrane

16 is omitted in this example 3 of a comparison. Moreover, the 1st magnetic film 11 has a laminated structure which carried out the laminating of the cascade screen of a nonmagnetic membrane Cu and Ferromagnetic CoFe to three more layers.

[0033] Thus, about the spin bulb film which consists of an obtained cascade screen, a switched connection field, resistance rate of change, and thermal resistance were investigated, respectively. A result is shown in a table 2.

[0034]

[A table 2]

	交換結合磁界	抵抗変化率	耐熱性
実施例 3	300 Oe	6.7%	◎
実施例 4	290 Oe	6.5%	○
実施例 5	300 Oe	7.0%	◎
比較例 3	140 Oe	7.5%	○

In a table 2, although the example 3 of a comparison shows the big value with resistance rate of change, it is small, less than the indispensable value, and is not suitable for practical use. [ of a switched connection field ] On the other hand, both a switched connection field and resistance rate of change show sufficient value, and the examples 3-5 of thermal resistance are improving.

[0035] In order to evaluate the crystal structure of each spin bulb film shown in the above-mentioned examples 3 and 4 and the example 3 of a comparison, X-ray diffraction was performed. A result is shown in drawing 3 . Drawing 3 is a graph which shows the X-ray diffraction curve of the film shown in a table 2. In drawing 3 , as for the film of the example 3 of a comparison, it turns out that in about 40 to 44 degrees shows X-ray intensity strong twice, and crystallinity is not changing. On the other hand, by the film of an example 3 and an example 4, it turns out that there is no peak which projected on the graph and internal crystallinity is changing. In addition, although the result of an example 5 was omitted in a table 2, the result as examples 3 and 4 also with the same example 5 was shown.

[0036]

[Effect of the Invention] As explained above, since the magnetization direction of the fixed bed is fixable firmly, in the magneto-resistive effect component concerning this invention, stable reproducing characteristics can be acquired by the big switched connection field. Moreover, since it excels also in thermal resistance, there is also little reduction of the switched connection field by the temperature rise and heat treatment process at the time of a real activity, and it can acquire high reproducing characteristics.

[0037] Especially when a free layer is made into the laminated structure of a ferromagnetic and a nonmagnetic membrane, still better reproducing characteristics can be acquired.

[0038] Therefore, when this magneto-resistive effect component is applied to a spin bulb mold magneto-resistive effect mold head, stability and high reproducing characteristics can be acquired.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The magneto-resistive effect component characterized by the substrate film, the 1st magnetic film, a nonmagnetic membrane, the 2nd magnetic film, and the antiferromagnetism film carrying out the laminating of the nonmagnetic membrane between said substrate film and 1st magnetic film on a substrate in the magneto-resistive effect component equipped with the cascade screen formed in order.

[Claim 2] The magneto-resistive effect component characterized by the substrate film, the 1st magnetic film, a nonmagnetic membrane, the 2nd magnetic film, and the antiferromagnetism film carrying out the laminating of an oxide film or the nitride between said substrate film and 1st magnetic film on a substrate in the magneto-resistive effect component equipped with the cascade screen formed in order.

[Claim 3] The magneto-resistive effect component according to claim 1 or 2 characterized by said 1st magnetic film consisting of a laminated structure of a ferromagnetic and a nonmagnetic membrane.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The outline sectional view showing the configuration of the spin bulb film used for the spin bulb mold MR head of an operation gestalt.

[Drawing 2] The graph which shows the X-ray diffraction curve of the film shown in a table 1.

[Drawing 3] The graph which shows the X-ray diffraction curve of the film shown in a table 2.

[Drawing 4] The outline sectional view showing the configuration of the conventional common spin bulb film.

[Description of Notations]

10 Nonmagnetic Interlayer

11 1st Magnetic Film (Free Layer)

12 2nd Magnetic Film (Fixed Bed)

13 Substrate Film

14 Antiferromagnetism Film

15 Protective Coat

16 Nonmagnetic Membrane

---

[Translation done.]

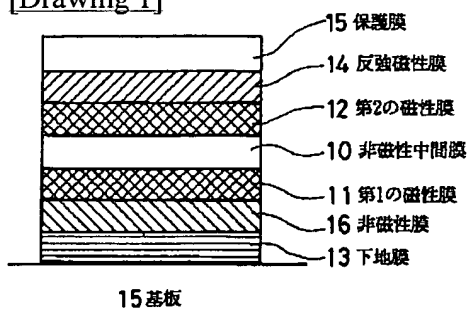
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

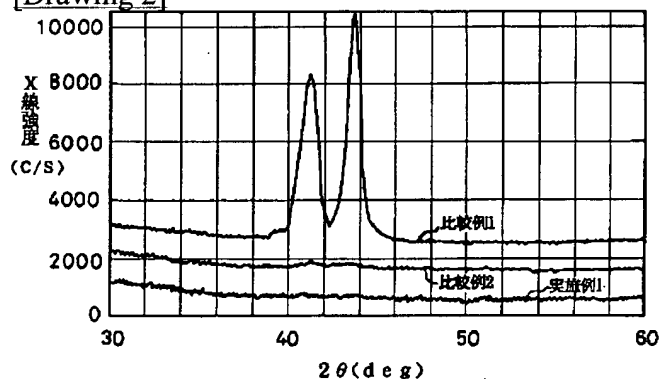
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

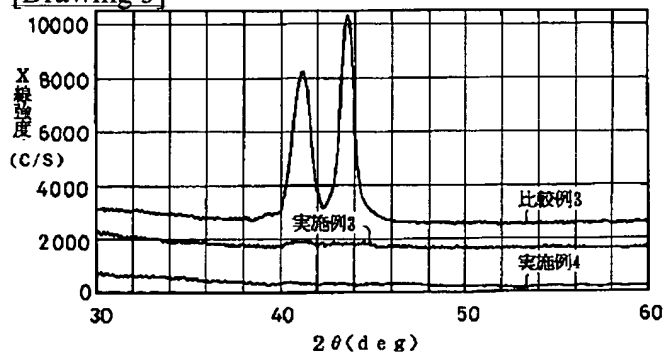
[Drawing 1]



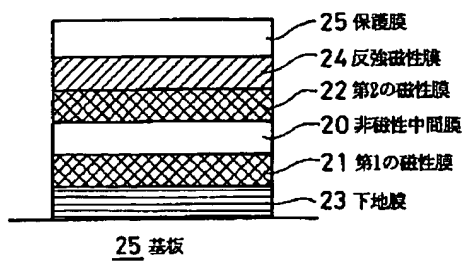
[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-284248

(43) 公開日 平成11年(1999)10月15日

(51) Int. Cl.	識別記号	P I	
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z
G 1 1 B 5/39		G 1 1 B 5/39	
H 0 1 F 10/30		H 0 1 F 10/30	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 F D)

(21) 出願番号 特願平10-87190  
(22) 出願日 平成10年(1998) 3月31日

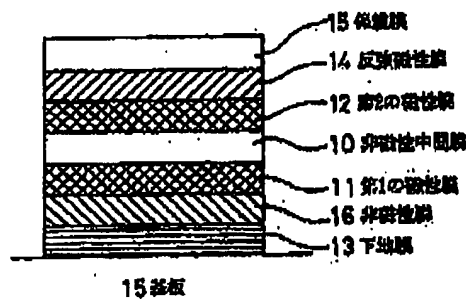
(71) 出願人 000004329  
日本ビクター株式会社  
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地  
(72) 発明者 野村 昭彦  
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内  
(72) 発明者 伊藤 昭一  
神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内  
(74) 代理人 弁護士 三好 秀和 (外 9 名)

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子

(57) 【要約】

【課題】 MRヘッド等の再生部に用いられる磁気抵抗効果素子において、交換結合磁界を増大させることにより、安定かつ高い再生特性を得る。

【解決手段】 下地膜13と第1の磁性膜11との間に、第1の磁性膜11、第2の磁性膜12及び反強磁性膜14の結晶性を制御するための非磁性膜16を積層した。



(2)

特開平11-284248

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、下地膜、第1の磁性膜、非磁性膜、第2の磁性膜、及び反強磁性膜が順に成膜された積層膜を備えた磁気抵抗効果素子において、前記下地膜と第1の磁性膜との間に非磁性膜を積層したことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 基板上に、下地膜、第1の磁性膜、非磁性膜、第2の磁性膜、及び反強磁性膜が順に成膜された積層膜を備えた磁気抵抗効果素子において、前記下地膜と第1の磁性膜との間に酸化膜又は窒化膜を積層したことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 前記第1の磁性膜が強磁性膜と非磁性膜の積層構造からなることを特徴とする請求項1又は2記載の磁気抵抗効果素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、HDD等の磁気ディスク装置、あるいはDCC等の磁気テープ装置の磁気ヘッド等に用いられる磁気抵抗効果素子に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、HDD等の磁気ディスク装置では、これまでのインダクティブヘッドに代わって、記録・再生分離型薄膜磁気ヘッドが採用されつつある。この磁気ヘッドでは、記録部にインダクティブヘッドが、再生部に磁気抵抗効果型ヘッド（以下、MRヘッド）が用いられている。このMRヘッドは、従来のコイルを巻いたインダクティブヘッドよりも再生特性が高感度、高出力であるため、装置の小型化、高密度化に有利と考えられている。

【0003】また最近では、より高いMR効果が得られるMRヘッドに関する研究も盛んに行われており、特にスピナバルブ膜と呼ばれる積層膜を用いたスピナバルブ型磁気抵抗効果型ヘッドが注目されている。

【0004】図4は、従来の一般的なスピナバルブ膜の構成を示す概略断面図である。スピナバルブ膜の中心部分は、非磁性金属の薄膜である非磁性中間膜20と、この中間膜20により分離された二つの磁性薄膜である第1の磁性膜21及び第2の磁性膜22により構成されている。このうち、第1の磁性膜21側には下地膜23、基板25があり、第2の磁性膜22側には反強磁性膜24、保護膜25が形成されている。なお、図4は外部磁界が加わる方向から見たときの断面を示している。

【0005】前記二つの磁性膜21、22の磁化容易軸の方向（以下、磁化方向）は、外部磁界に対しそれぞれ異なった変化をするように設定されている。すなわち、第1の磁性膜21（自由層）は記録媒体からの信号磁界により磁化方向が回転するように、また第2の磁性膜22（固定層）は記録媒体からの信号磁界に対し常に磁化方向が保持されるように設定されている。このような磁化方向を作り出す方法としては、例えば自由層には保持

2

力の小さい磁性膜、すなわち軟磁性特性の良い磁性膜を用い、固定層には反強磁性膜を積層したときの交換結合磁界を利用して固着する方法、あるいは保磁力の大きな磁性膜を用い固着する方法などがある。

【0006】このような状態が実現されていると、記録媒体からの信号磁界に対して自由層の磁化方向のみが回転し、固定層の磁化方向との間に相対的角度変化が起こり、膜全体としての電気抵抗は両層の磁化方向の角度の余弦の倒数として変化する。すなわち、自由層と固定層のそれぞれの磁化の向きが同一方向を向いた時（0度）に電気抵抗は最小になり、逆に反対を向いた時（180度）に最大となる。記録媒体からの信号磁界により、この変化が生じることで再生信号が得られる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記の動作が安定して起こるようにするためには、固定層の磁化方向がしっかりと固定されていること、すなわち固定層と反強磁性膜との間の交換結合磁界ができるだけ大きいことが求められる。一般に、実使用時のセンス電流等による温度上昇等により交換結合磁界は減少することが知られており、それらを考慮すると、室温での交換結合磁界は少なくとも200～2500e程度の値が必要とされている。さらに、ヘッド製造プロセスには250℃程度の熱処理工程があるため、耐熱性が悪いと交換結合磁界の減少により再生特性が劣化してしまう。しかし、従来のスピナバルブ膜では、上述のような強さの交換結合磁界や耐熱性を得ることが難しく、安定した再生特性を得ることはできなかった。

【0008】これらの特性を両立するために、従来より第1、第2の磁性膜や反強磁性膜の材料、結晶性、成膜条件等について様々な検討が行われており、このうち材料をある程度限定した場合には、特に結晶性が重要となる。この結晶性は、通常は良いことが望ましい場合が多いが、交換結合磁界に限っては、必ずしも結晶性が良いことが望ましいとは言えない場合もあり、結晶性をどのように制御するかが課題となっていた。

【0009】この発明の目的は、安定かつ高い再生特性を得ることができる磁気抵抗効果素子を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1の発明は、基板上に、下地膜、第1の磁性膜、非磁性膜、第2の磁性膜、及び反強磁性膜が順に成膜された積層膜を備えた磁気抵抗効果素子において、前記下地膜と第1の磁性膜との間に非磁性膜を積層したことを特徴とする。

【0011】請求項2の発明は、基板上に、下地膜、第1の磁性膜、非磁性膜、第2の磁性膜、及び反強磁性膜が順に成膜された積層膜を備えた磁気抵抗効果素子において、前記下地膜と第1の磁性膜との間に酸化膜又は窒

50

(3)

特開平11-284248

3

化膜を積層したことを特徴とする。

【0012】上記非磁性膜、酸化膜及び窒化膜の膜厚は、好ましくは0.5～1.5nmの範囲で選択され、より好ましくは1.0nm以下の範囲で選択することが望ましい。

【0013】請求項3の発明は、請求項1又は2において、前記第1の磁性膜が強磁性膜と非磁性膜の積層構造からなることを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、この発明に係わる磁気抵抗効果素子を、スピナバルブ型MRヘッドに適用した場合の一実施形態について説明する。なお、この実施形態のスピナバルブ膜をスピナバルブ型MRヘッドとして構成する場合には、このスピナバルブ膜に電流を流すための一対の電極などが配設される。

【0015】図1は、この実施形態のスピナバルブ型MRヘッドに用いられるスピナバルブ膜の構成を示す概略断面図である。このスピナバルブ膜においては、基板16上に、下地膜13/非磁性膜18/第1の磁性膜(自由層)11/非磁性中間膜10/第2の磁性膜(固定層)12/反強磁性膜14/保護膜15の順に膜が形成されている。このスピナバルブ膜では、前記第1の磁性膜11、第2の磁性膜12及び反強磁性膜14の結晶性を制御する目的で、下地膜13と第1の磁性膜11との間に非磁性膜18が積層されている。

【0016】上記非磁性膜18としては、酸化膜、窒化膜あるいは同様のアモルファス系材料などを用いることができる。後述する実施例では、いずれも非磁性膜18として酸化膜を用いた例を示しているが、窒化膜を用いた場合でも同様の結果を得ることができる。また、以下の実施例では、いずれも非磁性膜18の膜厚を1nmに設定しているが、0.5～1.5nmの範囲であれば、実用的に十分な磁気特性、結晶構造を得ることができる。

【0017】ここでは、実施例及び比較例として、ガラス基板上に以下のような構成の積層膜を形成することでスピナバルブ膜を作製し、その磁気特性と結晶構造について評価した。成膜にはスパッタ法を用い、成膜中に基板面内方向に約1000Gの磁界を印加している。ただし、CoFeはCo90Fe10at%、IrMnは1\*40

\*r22Mn78at%のターゲットを用いた。

【0018】最初に、非磁性膜18としてSiO<sub>2</sub>(1nm)を用いた場合の実施例について説明する。

【0019】[実施例1] 下地膜13としてTa(5nm)、非磁性膜18としてSiO<sub>2</sub>(1nm)、第1の磁性膜(自由層)11としてCoFe(6nm)、非磁性中間膜10としてCu(2.5nm)、第2の磁性膜(固定層)12としてCoFe(3nm)、反強磁性膜14としてIrMn(8nm)、保護膜15としてTa(5nm)の積層膜からなるスピナバルブ膜を作製した(カッコ内は膜厚を示す、以下同様)。

【0020】[実施例2] 下地膜13としてTa(5nm)、非磁性膜18としてSiO<sub>2</sub>(1nm)、第1の磁性膜11としてCu(0.8nm)/CoFe(1.5nm)×3、非磁性中間膜10としてCu(2.5nm)、第2の磁性膜12としてCoFe(3nm)、反強磁性膜14としてIrMn(8nm)、保護膜15としてTa(5nm)の積層膜からなるスピナバルブ膜を作製した。この実施例2では、第1の磁性膜11が非磁性膜Cuと強磁性膜CoFeの積層膜をさらに3層に積層した積層構造となっている。

【0021】[比較例1] 下地膜13としてTa(5nm)、第1の磁性膜11としてCoFe(6nm)、非磁性中間膜10としてCu(2.5nm)、第2の磁性膜12としてCoFe(3nm)、反強磁性膜14としてIrMn(8nm)、保護膜15としてTa(5nm)の積層膜からなるスピナバルブ膜を作製した。この比較例1では、非磁性膜18が省略されている。

【0022】[比較例2] 第1の磁性膜11としてCoFe(6nm)、非磁性中間膜10としてCu(2.5nm)、第2の磁性膜12としてCoFe(3nm)、反強磁性膜14としてIrMn(8nm)、保護膜15としてTa(5nm)の積層膜からなるスピナバルブ膜を作製した。この比較例2では、下地膜13と非磁性膜18が省略されている。

【0023】このようにして得られた積層膜からなるスピナバルブ膜について、それぞれ交換結合磁界、抵抗変化率、耐熱性を調べた。結果を表1に示す。

【0024】

【表1】

	交換結合磁界	抵抗変化率	耐熱性
実施例1	2900G	8.7%	◎
比較例1	1400G	7.5%	◎
比較例2	2800G	8.4%	X

表1において、◎は“良好”、○は“実用に耐え得る”、×は“悪い”をそれぞれ示している。比較例1は抵抗変化率では大きな値を示しているが、交換結合磁界は小さく、最低限必要な値を下回っており、実用には適

さない。また比較例2は、交換結合磁界、抵抗変化率ともに良い値を示しているが、耐熱性が悪いいため、実使用時の温度上昇や熱処理工程により交換結合磁界が減少してしまい、ヘッド製造時に必要な再生特性を維持するこ

50

(4)

特開平11-284248

5

6

とはできない。この比較例の膜は、従来の一般的な膜の特性を示している。一方、実施例1は交換結合磁界、抵抗変化率のいずれも十分な値を示しており、また耐熱性も向上している。表1では、実施例1よりもさらに好ましい特性を示した実施例2の結果を省略している。実施例2のように、軟磁気特性を向上させるために第1の磁性膜11(自由層)を非磁性膜と強磁性膜の積層構造とした場合は、自由層の保磁力が小さくなるので、実施例1のように第1の磁性膜11を単一構造とした場合(軟磁気特性が良くない)に比べ、良好な結果を得ることができる。

【0025】上記実施例1及び比較例1、2に示した各スピナバル膜の結晶構造を評価するため、X線回折を行った。図2は表1に示した膜のX線回折曲線を示すグラフである。図中、縦軸はX線強度(C/S)、横軸はX線の入射角度(2θ)をそれぞれ示している。膜の結晶性が良い場合、すなわち規則正しい結晶の層ができている場合は、入射したX線が内部で干渉を起し、強度が強化されて出力されるため、グラフ上には強いX線強度が示される。比較例1の膜では、およそ40度から44度の範囲で2回強いX線強度を示しており、結晶性が変化していないことがわかる。一方、実施例1及び実施例2の膜では、グラフ上に突出したピークがなく、膜内部の結晶性が変化していることがわかる。すなわち、実施例1又は2のような膜構造を得ることにより、第1の磁性膜11、第2の磁性膜12及び反強磁性膜14内部の結晶性が変化し、これにより表1のような特性が現れたものと考えられる。

【0026】次に、非磁性膜16として大気中放置による酸化膜を用いた場合の実施例について説明する。

【0027】ここでは、実施例及び比較例として、ガラス基板上にAl、O<sub>2</sub>を成膜した後、以下のような構成の積層膜を形成することでスピナバル膜を作製し、その磁気特性と結晶構造について評価した。成膜にはスパッタ法を用い、成膜中に基板面内方向に約100Oeの磁界を印加している。CoFeはCo90Fe10at%、IrMnはIr22Mn78at%のターゲットを用いた。

【0028】【実施例3】下地膜13としてTa(5nm)、非磁性膜16としては、下地膜13を成膜した後、試料を大気中に取り出して10分間放置することで酸化膜を形成した。その後、第1の磁性膜11としてCoFe(8nm)、非磁性中間膜10としてCu(2.5nm)、第2の磁性膜12としてCoFe(3nm)、反強磁性膜14としてIrMn(8nm)、保護

膜15としてTa(5nm)の積層膜からなるスピナバル膜を作製した。

【0029】【実施例4】下地膜13としてTa(5nm)、非磁性膜16としては、下地膜13を成膜した後、試料を大気中に取り出して24時間放置することで酸化膜を形成した。その後、第1の磁性膜11としてCoFe(8nm)、非磁性中間膜10としてCu(2.5nm)、第2の磁性膜12としてCoFe(3nm)、反強磁性膜14としてIrMn(8nm)、保護膜15としてTa(5nm)の積層膜からなるスピナバル膜を作製した。

【0030】【実施例5】下地膜13としてTa(5nm)、非磁性膜16としては、下地膜13を成膜した後、試料を大気中に取り出して24時間放置することで酸化膜を形成した。その後、第1の磁性膜11としてCu(0.8nm)/CoFe(1.5nm)×3、非磁性中間膜10としてCu(2.5nm)、第2の磁性膜12としてCoFe(3nm)、反強磁性膜14としてIrMn(8nm)、保護膜15としてTa(5nm)の積層膜からなるスピナバル膜を作製した。この実施例5では、第1の磁性膜11が非磁性膜Cuと強磁性膜CoFeの積層膜をさらに3層に積層した積層構造となっている。

【0031】上記実施例3～5における非磁性膜16の膜厚は、ほぼ0.5～1.5nmの範囲に収まっている。なお、いずれの実施例においても、下地膜13を成膜した後、大気中放置でも酸化膜を形成する代わりに、酸素プラズマ中又は窒素プラズマ中、あるいは両者の混合プラズマ中に放置することで酸化膜あるいは酸化膜を形成するようにしてもよい。

【0032】【比較例3】下地膜13としてTa(5nm)、第1の磁性膜11としてCu(0.8nm)/CoFe(1.5nm)×3、非磁性中間膜10としてCu(2.5nm)、第2の磁性膜12としてCoFe(3nm)、反強磁性膜14としてIrMn(8nm)、保護膜15としてTa(5nm)の積層膜からなるスピナバル膜を作製した。この比較例3では、非磁性膜16が省略されている。また、第1の磁性膜11は非磁性膜Cuと強磁性膜CoFeの積層膜をさらに3層に積層した積層構造となっている。

【0033】このようにして得られた積層膜からなるスピナバル膜について、それぞれ交換結合磁界、抵抗変化率、耐熱性を調べた。結果を表2に示す。

【0034】

【表2】

(5)

特開平11-284248

	交換結合境界	抵抗変化率	耐熱性
実施例3	300 $\Omega$	6.7%	◎
実施例4	290 $\Omega$	8.5%	○
実施例5	380 $\Omega$	7.0%	◎
比較例3	140 $\Omega$	7.5%	○

表2において、比較例3は抵抗変化率では大きな値を示しているが、交換結合境界は小さく、最低限必要な値を下回っており、実用には適さない。一方、実施例3～5は交換結合境界、抵抗変化率のいずれも十分な値を示しており、また耐熱性も向上している。

【0035】上記実施例3、4及び比較例3に示した各スピナルバルブ膜の結晶構造を評価するため、X線回折を行った。結果を図3に示す。図3は表2に示した膜のX線回折曲線を示すグラフである。図3において、比較例3の膜はおよそ40度から44度の範囲で2回強いX線強度を示しており、結晶性が変化していないことがわかる。一方、実施例3及び実施例4の膜では、グラフ上に突出したピークがなく、内部の結晶性が変化していることがわかる。なお、表2では実施例5の結果を省略しているが、実施例5も実施例3、4と同様の結果を示した。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、この発明に係わる磁気抵抗効果素子においては、大きな交換結合境界により、固定層の磁化方向をしっかりと固定することができるので、安定した再生特性を得ることができる。また、耐熱性にも優れているため、実使用時の温度上昇や熱処理工程による交換結合境界の減少も少なく、高い再生特

\*性を得ることができる。

【0037】特に、自由層を強磁性膜と非磁性膜の積層構造とした場合は、さらに良好な再生特性を得ることができる。

【0038】したがって、この磁気抵抗効果素子をスピナルバルブ型磁気抵抗効果ヘッドに応用した場合は、安定かつ高い再生特性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態のスピナルバルブ型MRヘッドに用いられるスピナルバルブ膜の構成を示す概略断面図。

【図2】表1に示した膜のX線回折曲線を示すグラフ。

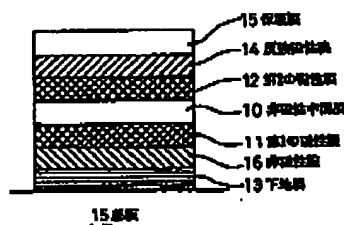
【図3】表2に示した膜のX線回折曲線を示すグラフ。

【図4】従来の一般的なスピナルバルブ膜の構成を示す概略断面図。

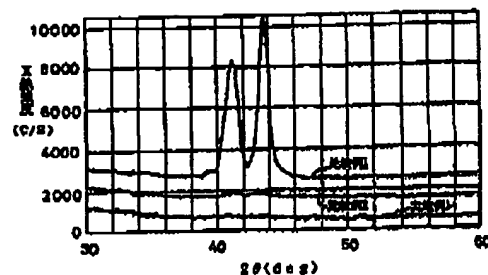
【符号の説明】

- 10 非磁性中間膜
- 11 第1の磁性膜（自由層）
- 12 第2の磁性膜（固定層）
- 13 下地膜
- 14 反強磁性膜
- 15 保護膜
- 16 非磁性膜

【図1】



【図2】

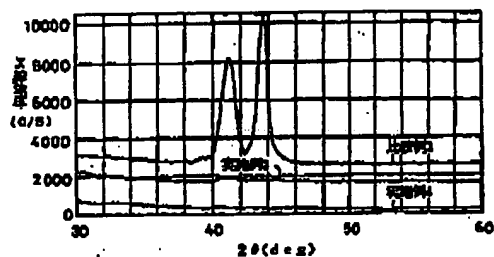




(6)

特開平11-284248

【図3】



【図4】

